МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ДГТУ)

Утверждено
на заседании кафедры
инженерной геологии,
оснований и фундаментов
от 14 января 2019 г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С НЕРАВНОМЕРНО ДЕФОРМИРУЕМЫМИ ЛЕССОВЫМИ ПРОСАДОЧНЫМИ ГРУНТАМИ В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ

Методические указания для выполнения курсового и дипломного проектов студентами специальности ПГС, ПЗ, ГС очного и заочного обучения, в том числе иностранными студентами

Ростов-на-Дону

2019 г.

УДК

Проектирование оснований и фундаментов во взаимодействии с неравномерно деформируемыми лессовыми просадочными грунтами в условиях реконструкции – Ростов н/Д: Донск. гос. техн. ун-т, 2019.- 28 с.

В настоящем методическом указании изложен порядок расчёта осадки оснований свайных фундаментов в программе Microsoft Excel методом послойного суммирования с применением модели линейно-деформируемого полупространства, а так же расчет фундаментов из забивных свай в грунтовых условиях I и II типа по просадочности в соответствии со СП 22.13330.2016, СП 24.13330.2011.

Составили: доц., канд. техн. наук А.Ф. Акопян

доц., канд. техн. наук В.Ф. Акопян

Рецензент:

проф., д-р техн. наук

А.Ю. Прокопов

Редактор Т.М. Климчук

Темплан 2019 г., поз.

Подписано в печать . Формат 60x84/16.

Ризограф. Бумага писчая. Уч.-изд. Л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ __

Редакционно-издательский центр

Донского государственного технического университета

344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

© Донской государственный технический университет, 2019 г.

Введение.

Определение осадки основания свайных фундаментов методами предлагаемыми СП 22.13330.2016-это довольно трудоёмкий процесс, который требует многократного повторения однотипных вычислительных операций. Между тем, доступность современных цифровых технологий позволяет каждому человеку автоматизировать эти операции и получить конечный результат, затратив на это гораздо меньше времени.

В настоящем методическом указании изложен порядок расчёта осадки оснований свайных фундаментов в программе Microsoft Excel методом послойного суммирования с применением модели линейно-деформируемого полупространства.

Общедоступность и простота использования данного программного продукта позволяет применить настоящую методическую разработку, как студентам, при расчете курсового и дипломного проекта, так и в реальном проектировании оснований и фундаментов.

При расчёте используют метод послойного суммирования. В основу метода положены допущения:

- грунт в основании - сплошное изотропное линейно-деформируемое тело;
- осадка вызвана действием только нормального вертикального дополнительного напряжения σ_{zpi}, которое определяют под центром подошвы фундамента остальные напряжения не учитывают;
- боковое расширение грунта невозможно;
- при определении σ_{zp} пренебрегают различием сжимаемости отдельных слоев грунта;
- фундамент не обладает жесткостью;

– деформации рассматривают только в пределах сжимаемой толщи;

– значение коэффициента $\beta=0,8$ не зависит от характеристик грунта;

– напряжение в грунте от местной нагрузки рассеиваются в пределах основания и с глубиной их интенсивность уменьшается;

– при известном вертикальном давлении можно определить осадку слоя. Зная осадку нескольких слоев можно определить осадку основания.

При замачивании лессового грунта возникает возможность развития просадки основания. Она может проявляться как в деформируемой зоне, прилегающей к подошве фундамента, так и на определенной глубине основания, на которой вертикальные напряжения от собственного веса водонасыщенного грунта превосходят начальное просадочное давление P_{sl}. На рисунке 1 представлены четыре варианта деформируемого состояния просадочных грунтов при их замачивании.

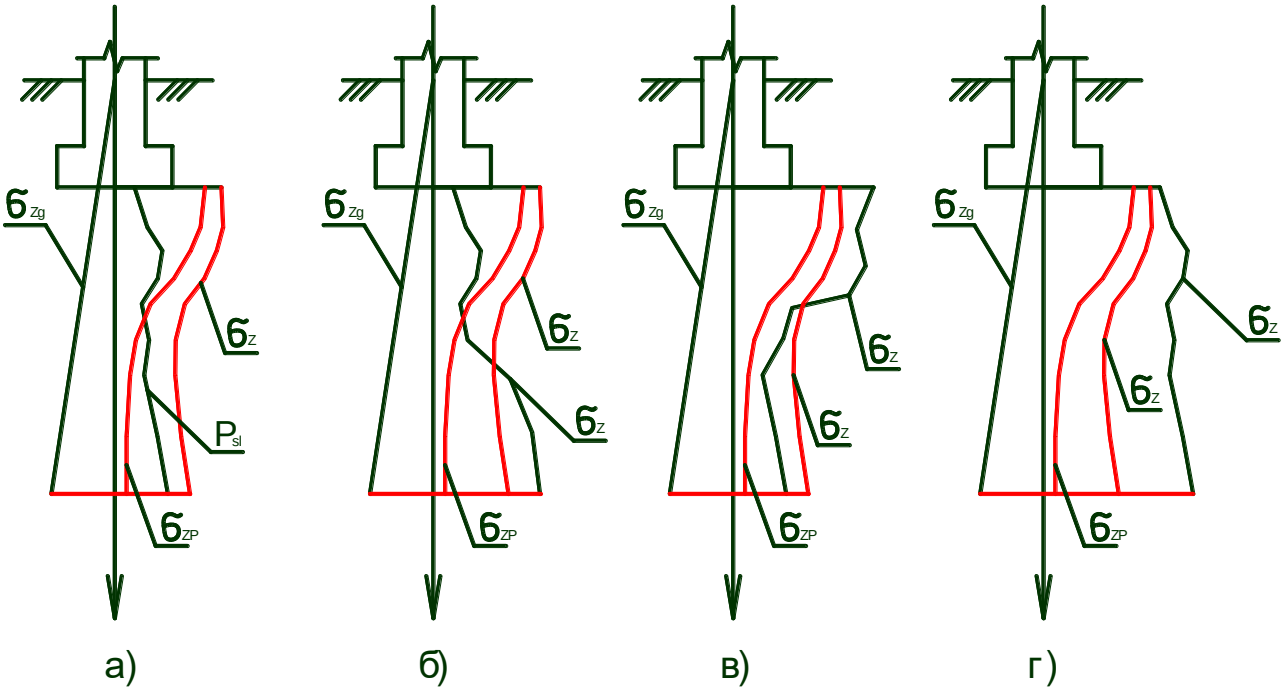

Рис.1 Варианты протекания просадочного процесса:

а) просадка протекает по всей толще (суммарное вертикальное напряжение σ_z превышает начальное просадочное давление P_{sl});

б) просадка возникает под действием нормального вертикального дополнительного напряжения σ_{zp}, непосредственно под подошвой фундамента;

в) просадка возникает под действием нормального вертикального напряжения от собственного веса грунта σ_{zg}, на значительной глубине;

г) просадочные свойства не проявляются (суммарное вертикальное напряжение σ_z меньше начального просадочного давления P_{sl});

В отличие от осадки, деформации просадки проявляются не от дополнительных напряжений, а от полных нормальных вертикальных напряжений - σ_z, равных сумме нормальных вертикальных напряжений от собственного веса водонасыщенного грунта- σ_{zg} и нормальных вертикальных дополнительных напряжений- σ_{zp}.

1.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСАДКИ ОСНОВАНИЯ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА

1.1.1 Расчет фундамента из висячих свай и его основания по деформациям производят как для условного фундамента на естественном основании в соответствии с требованиями СП 22.13330.2016. Границы условного фундамента определяют следующим образом (см. рис. 2):

снизу - плоскостью *АБ*, проходящей через нижние концы свай;

с боков - вертикальными плоскостями *АВ* и *БГ*, отстоящими от наружных граней крайних рядов вертикальных свай на расстоянии $h*tg(\varphi_{II,mt}/4)$, но не более $2d$ в случаях, когда под нижними концами свай залегают пылевато-глинистые грунты с показателем текучести

$I_L > 0{,}6$ (d - диаметр или сторона поперечного сечения сваи), а при наличии наклонных свай - проходящими через нижние концы этих свай;

сверху - поверхностью планировки грунта *ВГ*, здесь $\varphi_{II,mt}$ - осредненное расчетное значение угла внутреннего трения грунта, определяемое по формуле:

$$\varphi_{II,mt} = \frac{\sum_{0}^{h} \varphi_{II,i} h_i}{\sum h_i}, \qquad (1)$$

где $\varphi_{II,i}$ - расчетные значения углов внутреннего трения для отдельных пройденных сваями слоев грунта толщиной h_i;

h - глубина погружения свай в грунт.

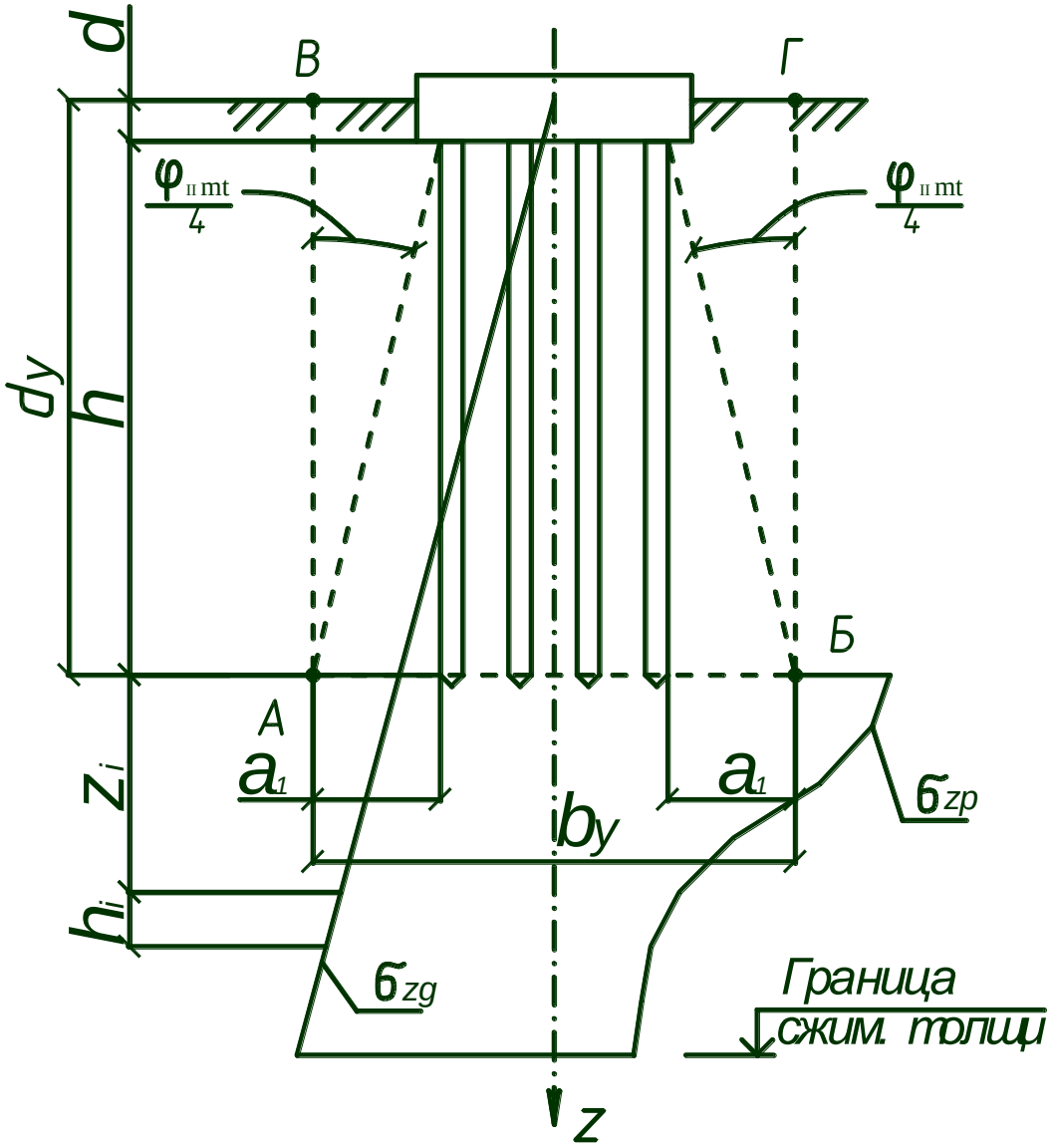

Рис. 2 Определение границ условного фундамента при расчете осадок свайных фундаментов

1.1.2. Осадку основания S с использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого слоя определяют методом послойного суммирования по формуле 2:

$$S = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\bar{\sigma}_{zp,i} h_i}{E_i}, \qquad (2)$$

где β - безразмерный коэффициент, равный 0,8;

$\overline{\sigma}_{zp,i}$ - среднее значение нормального вертикального дополнительного напряжения в *i*-м слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней z_{i-1} и нижней z_i границах слоя по вертикали, проходящей через центр подошвы условного фундамента;

h_i и E_i - соответственно толщина и модуль деформации *i*-го слоя грунта;

n - число слоев, на которые разбита сжимаемая толща основания.

1.1.3. Вертикальное напряжение от собственного веса грунта σ_{zg} на границе слоя, расположенного на глубине z от подошвы фундамента, определяют по формуле:

$$\sigma_{zg} = \gamma' d_n + \sum_{i=1}^{n} \gamma_i h_i, \qquad (3)$$

где γ' - удельный вес грунта, расположенного выше подошвы фундамента;

d_n - глубина заложения условного фундамента соответственно от уровня планировки и поверхности природного рельефа γ_i и h_i - соответственно удельный вес и толщина *i*-го слоя грунта.

Удельный вес грунтов, залегающих ниже уровня подземных вод, но выше водоупора, определяют с учетом взвешивающего действия воды, по формуле:

$$\gamma_{sb,i} = (\gamma_{si} - \gamma_w)/(1+e_i), \qquad (4)$$

где: γ_{si} - удельный вес частиц грунта *i*-го слоя,

γ_w - удельный вес воды,

e_i — коэффициент пористости грунта i-го слоя.

При определении σ_{zg} в водоупорном слое следует учитывать давление столба воды, расположенного выше рассматриваемой глубины.

1.1.4. Нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $z = H_c$, где выполнено условие $\sigma_{zp} = 0{,}2\sigma_{zg}$ (здесь σ_{zp} – нормальное вертикальное дополнительное напряжение на глубине $z = H_c$ по вертикали, проходящей через центр подошвы условного фундамента; σ_{zg} – вертикальное нормальное напряжение от собственного веса грунта, определяемое в соответствии с п. 1.3).

Если найденная по указанному выше условию нижняя граница сжимаемой толщи проходит в слое грунта с модулем деформации E < 5 МПа (50 кгс/см^2) или такой слой залегает непосредственно ниже глубины $z = H_c$, нижнюю границу сжимаемой толщи определяют исходя из условия

$$\sigma_{zp} = 0{,}1\ \sigma_{zg}.$$

1.1.5. Расчет основания по деформациям считают удовлетворительным при соблюдении условия п. 2.39. [1].

$$S \leq S_u, \tag{5}$$

где S - совместная деформация основания и сооружения, определяемая расчетом в соответствии с указаниями обязательного приложения 1;

S_u - предельное значение совместной деформации основания и сооружения, устанавливаемое в соответствии с указаниями пп. 2.51-2.55 прил. 4 СП 22.13330.2016

В соответствии с п. 2.41 СП 22.13330.2016 среднее давление под подошвой фундамента ρ, не должно превышать расчетного сопротивления грунта R п. 2.49[1], краевое давление при действии изгибающего момента вдоль каждой оси фундамента P_{max} не должно превышать $1{,}2R$, и в угловой точке P^c_{max} не должно превышать $1{,}5\ R$.

1.2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ФУНДАМЕНТА ИЗ ЗАБИВНЫХ СВАЙ В ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

1.2.1. Сначала определяют тип грунтовых условий по просадке. Для этого находят просадку грунта от собственного веса в водонасыщенном состоянии.

1.2.2. По полученным таблицам физико-механических характеристик грунтов строят графики изменения относительной просадочности ε_{sl} от давления 0.1, 0.2 и 0.3 МПа, а так же зависимость изменения ε_{sl} с глубиной см рис 3.

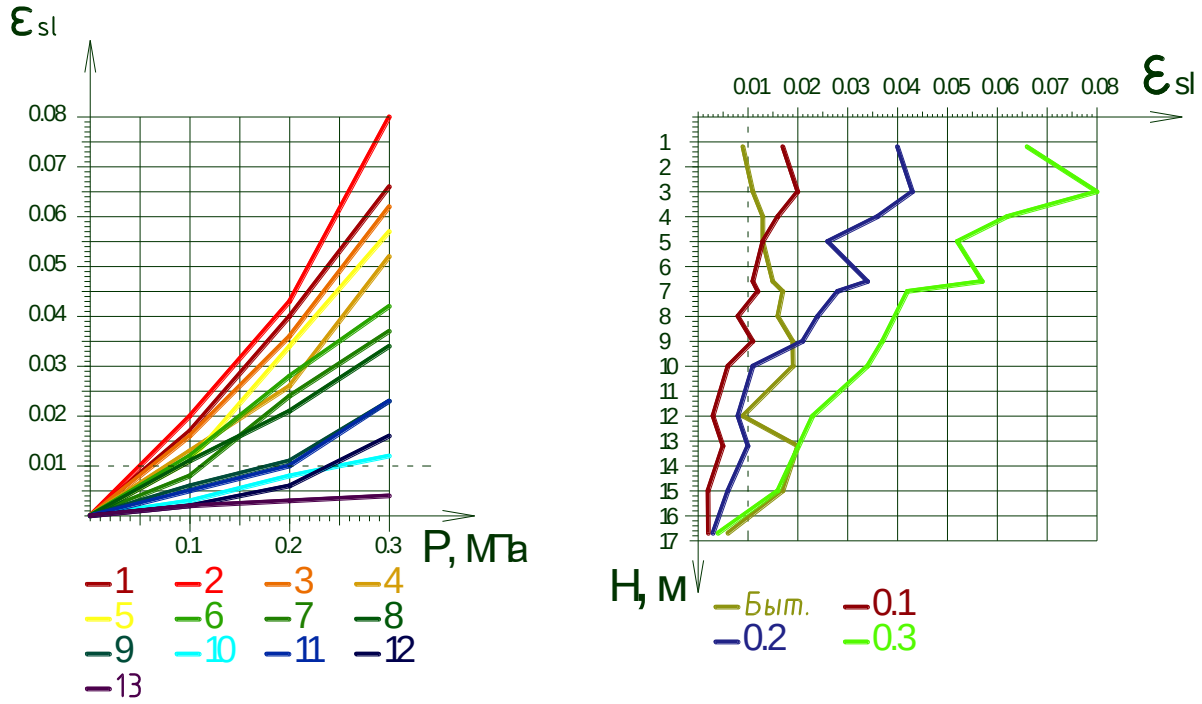

Рис. 3 Графики зависимости относительной просадки от давления и ее изменение с глубиной

1.2.3. После чего определяют суммарную просадку всех проседающих слоев по формуле:

$$S_{sl,g} = \sum \varepsilon_{sl,i} h_i K_{sl,i} \qquad (6)$$

Где $S_{sl,g}$ - просадка грунта от собственного веса грунта

2. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ОСАДКИ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА

2.1. Строят условный фундамент:

– По формуле (1) определяют осредненное значение угла внутреннего трения $\varphi_{II,mt}$;

– Размеры подошвы условного фундамента складывают из расстояния между осями крайних свай, стороны сечения сваи и $2a_1$,

где a_1- расстояние от внешней грани сваи до границы условного фундамента

$$a_1 = h * tg(\varphi_{II,mt}/4) \qquad (7)$$

– Рассчитывают вес условного фундамента G по формуле:

$$G=b_y*l_y*d_y*\gamma_{mt}*\gamma_n \quad (8)$$

Где: b_y – ширина условного фундамента

l_y - длинна условного фундамента

d_y – глубина заложения условного фундамента

γ_{mt} – среднее значение удельного веса грунта и материала фундамента, принимаемое равным 20 кН/м^3

γ_n – коэффициент надежности по нагрузке.

2.2. Основание ниже подошвы условного фундамента разделяют на слои $h_i \leq 0{,}4b_y$ с учетом напластования слоев грунта, где b_y - ширина условного фундамента.

2.3. Определяют расстояние от подошвы условного фундамента до верхней границы каждого слоя z_i.

2.4. Определяют значение коэффициента $\zeta_i = 2z_i/b_y$ для каждого слоя и $\eta = l_y/b_y$ для всей сжимаемой толщи, где l_y – длина условного фундамента.

2.5. По таблице 1 прил. 2 СП 22.13330.2016 определяют коэффициент α_i для каждого слоя.

2.6. Определяют нормальное вертикальное напряжение от собственного веса грунта σ_{zgi}. Под подошвой условного фундамента $\sigma_{zg,0}=\gamma_{II}'*d_y$, γ_{II}' - осредненное значение удельного веса грунта выше подошвы

условного фундамента, d_y - глубина заложения условного фундамента от уровня планировки;

$$\sigma_{zg,1}=\sigma_{zg0}+\gamma_{II1}*h_1$$

где h_1- толщина первого слоя, м

γ_{II1}- удельный вес грунта первого слоя kH/м^3

$$\gamma_{II1}=\rho_1*g$$

2.7. Определяют среднее дополнительное давление по подошве условного фундамента $P_0 = P - \sigma_{zg0}$,

2.8. Определяют нормальное вертикальное дополнительное напряжение в каждом слое $\sigma_{zpi}=\alpha_i*P_0$.

2.9. Определяют нижнюю границу сжимаемой толщи H_c, до которой выполняем расчет осадки:

$$\sigma_{zpi} \leq K_s\sigma_{zgi}$$

2.10. В пределах сжимаемой толщи в середине каждого слоя находят нормальное вертикальное дополнительное напряжение $\overline{\sigma}_{zpi}$.

2.11. Для каждого слоя грунта по таблице 2 определяют значение модуля общей деформации E_{0i}- для грунта природной влажности выше УГВ и $E_{0,\,sat}$- для водонасыщенного грунта ниже УГВ.

2.12. Находят осадку каждого слоя грунта.

$$S = \frac{\overline{\sigma}_{zpi} \times h_i}{E_{0i}}$$

2.13. Находят осадку условного фундамента суммируя осадки отдельных слоёв

$$s = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\overline{\sigma}_{zp,i} h_i}{E_{0i}},$$

где β=0,8.

2.13. По приложению 4 СниП2.02.01-83* определяют величину предельно допустимой осадки S_u для фундаментов рассчитываемого здания.

3. Пример расчета осадки основания свайного фундамента

3.1 Исходные данные:

3.1.1 Физико-механические характеристики грунтов

По геолого-генетическому принципу и по физико-механическим свойствам грунтов, слагающих площадку строительства, в толще выделено 4 инженерно-геологических элемента.

Характеристики грунтов приведены приложениях (табл. 1 и 2).

3.1.2 Характеристики фундамента:

- глубина погружения свай в грунт H=8 м;
- глубина заложения условного фундамента d_y=9,5 м;
- расстояние между осями крайних свай в направлении ширины b_y= 0,9 м;

- расстояние между осями крайних свай в направлении длины l_y= 1,8 м;
- вертикальное усилие в обрезе ростверка (наиболее невыгодный вариант) G_I = 725 кН;
- Вес ростверка $G_г$ = 157 кН;
- расчетное сопротивление грунта основания R= 380 кПа (по табл. 5);
- сторона сваи квадратного сечения a= 0,3 м;
- значение угла внутреннего трения, а так же остальные физико-механические характеристики всех ИГЭ см. приложения табл. 2;

3.2 Порядок работы в Microsoft Excel

3.2.1. Запустить приложение пакета Office - Microsoft Excel;

3.2.2. Ввести исходные данные путем присвоения ячейкам названия параметров, а так же величин этих параметров:

A1:= Исходные данные;

A2:= Расстояние между сваями в направлении ширины (b), м;

B2 =0.9;

ВНИМАНИЕ! Ввод дробных значений осуществлять через разделитель-точку

A3:= Расстояние между сваями в направлении длины (l), м;

B3 = 1.8;

A4:= Глубина заложения условного фундамента (d), м;

B4=9.5;

A5:= Глубина погружения свай в грунт (H), м;

B5=8;

A6:= Удельный вес грунтов по слоям h_i в ИГЭ2 (γ_2), кН/м^3;

B6 =17;

A7:= Удельный вес грунтов по слоям h_i ИГЭ3 (γ_3), кН/м^3;

B7 =18;

A8:= Удельный вес грунтов по слоям h_i ИГЭ4 (γ_4), кН/м^3;

B8 =18;

A9:= Модуль деформаций по слоям h_i ИГЭ2 (E_2), кПа ;

B9 =21;

A10:= Модуль деформаций по слоям h_i ИГЭ3 (E_3), кПа;

B10 =18;

A11:= Модуль деформаций по слоям h_i ИГЭ4 (E_4), кПа;

B11 =18;

A12:= Угол внутреннего трения ИГЭ2 (φ_2), °;

B12 =16;

A13:= Угол внутреннего трения ИГЭ3 (φ_3), °;

B13 =17;

A14:= Угол внутреннего трения ИГЭ4 (φ_4), °;

B14 =18;

3.2.3. Построение условного фундамента

Осредненный угол внутреннего трения

E20:= $\varphi_{II,mt}$

и согласно формуле (1)

E21= (B12*5.4+B13*6.6+B14*3.5)/(5.4+6.6+3.5)

Где 5.4, 6.6, 3.5- толщины ИГЭ (см. прил. табл. 1)

A22:= Ширина условного фундамента b_y (м)

B22 =TAN((E21/4)*ПИ()/180)*B5+0.3+B2

A23:= Длина условного фундамента l_y (м)

B23 =TAN((E21/4)*ПИ()/180)*B5+0.3+B3

A24:= Вес условного фундамента Gr, (кН)

B24 =B22*B23*B4*20*0.95

A25:= Суммарная вертикальная нагрузка в подошве условного фундамента N_{II}, (кН)

B25 = B24+725+157

A26:= Среднее давление в подошве условного фундамента P_{II}, (кПа)

B26 =B25/(B23*B22) см. рис. 4

Среднее давление P_{II} составило 363.6 кПа, что меньше расчетного сопротивления грунта основания R= 380 кПа

3.2.4. Составление таблицы «К расчету осадки основания фундамента»

Составить первую строку- наименование столбцов таблицы. В следующие ячейки ввести соответствующий текст (указан в кавычках):

E1:=«№, п/п» - нумерация элементарных слоев;

F1:= «h_i, м» - толщина каждого слоя грунта;

G1:=«z_i, м» - расстояние от подошвы фундамента до верхней границы каждого слоя;

H1:=«ζ» - коэффициент, равный $2z_i/b_y$;

I1:=«η» - коэффициент, равный l_y/b_y;

J1:= «α» - коэффициент, вычисляемый по табл. 3 исходя из ζ и η;

K1:= «σ_{zgi}, кПа» - нормальное вертикальное напряжение от собственного веса грунта;

L1:= «σ_{zpi}, кПа» - нормальное вертикальное дополнительное напряжение;

M1:= «$\overline{\sigma}_{zpi}$, кПа» - нормальное вертикальное дополнительное напряжение в середине каждого слоя;

N1:= «E_i, кПа» - значение модуля общей деформации;

O1:= «S_i, м» - осадка каждого слоя грунта;

В результате получаем интерфейс аналогичный рис. 5

3.2.4. Заполнение таблицы

E2 =1

E3 =E2+1; затем выделить ячейку E3, зафиксировать курсор на блоке захвата и произвести автозаполнение, перетягивая курсор до ячейки E13;

F2 =$B$2*0,4; как в предыдущем пункте, произвести автозаполнение до ячейки F13;

G2 =0;

G3 =G2+F2; произвести автозаполнение до ячейки G13;

H2 =2*G2/$B$22; -//- H13;

I2 =$B$23/$B$22; -//- I13;

J2-J13 заполняют вручную путем интерполяции значений таблицы 3 [1]

Для удобства выполнения интерполяции и ускорения процесса подсчета коэффициентов α_i необходимо осуществить следующие операции:

1. В ячейки R2 и S2 вводим соответственно значения α_i при ζ=0, η=1.4 и 1.8 (т.е. краевые значения того интервала в которое попадает η=1.5 по строке ζ=0);
2. Аналогично вводим краевые значения α_i по строке ζ=0.8 в ячейки R3 и S3 и т.д. до последнего слоя;
3. T2 = R2-S2; произвести автозаполнение до ячейки T13;

4. U2 = T2*0.1/0.4 (0.1 получено вычитанием из η=1.5 η=1.4, 0.4 соответственно из η=1.8 η=1.4); произвести автозаполнение до ячейки U13;

5. V2 = R2+U2; произвести автозаполнение до ячейки V13; (см. рис. 5)

J2 =V2; произвести автозаполнение до ячейки J13;

K2 =B4*B6;

K3 = =F3*$B$7+K2; произвести автозаполнение до ячейки K13;

ВНИМАНИЕ! Необходимо изменить ссылку $B$7 при переходе к новому ИГЭ на соответствующую этому ИГЭ ячейку ($B$8 - $B$9);

L2 =J2*($B$26-K2); -//- L13;

P2 = 0.2*K2; -//- P13;

M2 = ЕСЛИ(L2>P2;(L3+L2)/2;"Нижняя граница сжимаемой толщи"); -//-M13;

N2=$B$9; -//- N13;

ВНИМАНИЕ! Необходимо изменить ссылку $B$9 при переходе к новому ИГЭ на соответствующую этому ИГЭ ячейку ($B$10 и $B$11);

O2=M2*F2/(1000*N2); -//- O13;

O15:=Суммарная осадка (м);

O16:=0.8*СУММ(O2:O7);

Итак, суммарная осадка составила 0.013м. рисунок 5

Рисунок 3

Microsoft Excel - СВАИ ОСАДКА

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Q5

	A	B	C	D
1	**Исходные данные**			
2	Расстояние между сваями в направлении ширины (b), м	0.9		
3	Расстояние между сваями в направлении длины (l), м	1.8		
4	Глубина заложения условного фундамента (d), м	7.5		
5	Глубина погружения свай в грунт (H), м	8		
6	Удельный вес грунтов по слоям h_i в ИГЭ2 (γ_2), кН/м^3	17		
7	Удельный вес грунтов по слоям h_i в ИГЭ3 (γ_3), кН/м^3	18		
8	Удельный вес грунтов по слоям h_i в ИГЭ4 (γ_4), кН/м^3	18		
9	Модуль деформаций по слоям h_i ИГЭ2 (E_2), кПа	21		
10	Модуль деформаций по слоям h_i ИГЭ3 (E_3), кПа	18		
11	Модуль деформаций по слоям h_i ИГЭ4 (E_4), кПа	18		
12	Угол внутреннего трения ИГЭ2 (φ_2), °	16		
13	Угол внутреннего трения ИГЭ3 (φ_3), °	17		
14	Угол внутреннего трения ИГЭ4 (φ_4), °	18		
15				
16				

Рисунок 4

Microsoft Excel - СВАИ ОСАДКА

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Q5

	A	B	C	D	E	F
16						
17						
18						
19						
20					$\varphi_{II,mt}$	
21					16.9	
22	Ширина условного фундамента b_y, (м)	1.8				
23	Длина условного фундамента l_y, (м)	2.7				
24	Вес условного фундамента Gr, (кН)	686.28				
25	Суммарная вертикальная нагрузка в подошве условного фундамента N_{II}, (кН)	1568.3				
26	Среднее давление в подошве условного фундамента P_{II}, (кПа)	325.6				
27						
28						
29						

Рисунок 5

Microsoft Excel - Книга2

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

H27

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1				№ п/п	h, м	z, м	ζ	η	α	σ_{zg}, кПа	σ_{zp}, кПа	σ_{zpi}, кПа	E, МПа	S,м	
2															

Рисунок 6

Microsoft Excel - СВАИ ОСАДКА

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справк

O10

	Q	R	S	T	U	V	W
1							
2		1	1	0	0	1.000	
3		0.972	0.975	0.003	0.0008	0.973	
4		0.848	0.866	0.018	0.0045	0.853	
5		0.682	0.717	0.035	0.0087	0.691	
6		0.532	0.578	0.046	0.0115	0.544	
7		0.414	0.463	0.049	0.0123	0.426	
8		0.325	0.374	0.049	0.0123	0.337	
9		0.26	0.304	0.044	0.011	0.271	
10		0.21	0.251	0.041	0.0103	0.220	
11		0.173	0.209	0.036	0.009	0.182	
12		0.145	0.176	0.031	0.0078	0.153	
13		0.024	0.033	0.009	0.0023	0.026	

Рисунок 7

Microsoft Excel - СВАИ ОСАДКА

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Arial Cyr 10

M15

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1			№ п/п	h, м	z, м	ζ	η	α	σzg, кПа	σzp, кПа	σzpi, кПа	E, кПа	S,м		
2			1	0.4	0.0	0.0	1.50	1	135	191	185	18	0.004	27	
3			2	0.4	0.4	0.4	1.50	0.973	141	179	165	18	0.003	28	
4			3	0.4	0.7	0.8	1.50	0.853	148	151	135	18	0.003	30	
5			4	0.4	1.1	1.2	1.50	0.691	154	118	104	18	0.002	31	
6			5	0.4	1.4	1.6	1.50	0.544	161	90	78	18	0.002	32	
7			6	0.4	1.8	2.0	1.50	0.426	167	67	59	18	0.001	33	
8			7	0.4	2.2	2.4	1.50	0.337	174	51	45	18	0.001	35	
9			8	0.4	2.5	2.8	1.50	0.271	180	39	35	18	0.001	36	
10			9	0.4	2.9	3.2	1.50	0.22	187	31	Нижняя граница сжимаемой толщи			37	
11			10	0.4	3.2	3.6	1.50	0.182	193	24				39	
12			11	0.4	3.6	4.0	1.50	0.153	200	19				40	
13			12	0.4	4.0	4.4	1.50	0.026	206	3				41	
14															
15													**Суммарная осадка (м):**		
16													0.013		
17															

Литература

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты/НИИОСП Госстроя СССР.- М.: ГП ЦПП, 2011.- 48 с.
2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений/ Минстрой России.- М.: ГП ЦПП, 2016.- 48 с.
3. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под ред. Е. А. Сорочана и Ю. Г. Трофименкова.- М.:- Стройиздат, 1985,- 480 с.
4. Основания и фундаменты. Ч.2. Основы геотехники / Под ред. Б. И. Далматова.- М.: Изд-во АСВ; СПбГАСУ, 2002. 392с.

Приложения

Скв-2 (абс. отм. Устья 41,2)

Таблица 1

№№ ИГЭ	Абсолютные отметки слоёв	Мощность слоя, м	Литолог. разрез	Описание грунтов
1	40,0	1,2		Почвенный слой
2	34,6	5,4		Суглинок легкий пылеватый, просадочный
3	28,0	6,6		Погребенная почва Суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, просадочный
4	24,5	3,5		Суглинок тяжелый, пылеватый, твердый просадочный
5	21,2	3,3		Глина коричневая, бурая твердая, непросадочная

На глубине 20 м грунтовые воды не обнаружены

Таблица 2

Физико-механические характеристики грунтов

№ ИГЭ	№ слоя	Глубина, м	W, %	ρ, т/м^3	$ρ_s$, т/м^3	$ρ_d$, т/м^3	e	W_L, %	W_p, %	Относит. просадочность, при давлении, МПа				E, МПа	$φ_{II}$ град.	C_{II}, кПа
										быт.	0,1	0,2	0,3			
ИГЭ 2	1	1,2 - 2,0	15,4	1,7	2,71	1,44	0,88	34	22	0,009	0,017	0,040	0,066	21	16	46,9
	2	2,0 - 3,0	15,4	1,7	2,71	1,44	0,88	34	22	0,011	0,020	0,043	0,080	21	16	46,9
	3	3,0 - 4,0	15,4	1,7	2,71	1,44	0,88	34	22	0,013	0,016	0,036	0,062	21	16	46,9
	4	4,0 - 5,0	15,4	1,7	2,71	1,44	0,88	34	22	0,013	0,013	0,026	0,052	21	16	46,9
	5	5,0 - 6,6	15,4	1,7	2,71	1,44	0,88	34	22	0,015	0,011	0,034	0,057	21	17	45,7
ИГЭ 3	6	6,6 - 7,0	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,017	0,012	0,028	0,042	18	17	45,7
	7	7,0 - 8,0	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,016	0,008	0,024	0,037	18	17	45,7
	8	8,0 - 9,0	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,019	0,011	0,021	0,034	18	17	45,7
	9	9,0 - 10,0	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,019	0,006	0,011	0,023	18	17	45,7
	10	10,0 - 12,0	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,009	0,003	0,008	0,012	18	17	45,7
	11	12,0 - 13,2	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,020	0,005	0,010	0,023	18	18	44,9
ИГЭ 4	12	13,2 - 15,0	19,8	1,8	2,72	1,50	0,81	36	23	0,017	0,002	0,006	0,016	18	18	44,9
	13	15,0 - 16,7	19,8	1,8	2,72	1,50	0,81	36	23	0,006	0,002	0,003	0,004	20	19	43,5
ИГЭ 5	14	16,7 - 20,0	22,9	1,9	2,72	1,54	0,77	41	25	0,005	0,002	0,003	0,004	20	19	43,5

Таблица 5

Коэффициент α

$\zeta = 2z / b$	Коэффициент α для фундаментов							
	Круглых	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$, равным						Ленточных ($\eta \geq 10$)
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5	
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.4	0.949	0.960	0.972	0.975	0.976	0.977	0.977	0.977
0.8	0.756	0.800	0.848	0.866	0.876	0.879	0.881	0.881
1.2	0.547	0.606	0.682	0.717	0.739	0.749	0.754	0.755
1.6	0.390	0.449	0.532	0.578	0.612	0.629	0.639	0.642
2.0	0.285	0.336	0.414	0.463	0.505	0.530	0.545	0.550
2.4	0.214	0.257	0.325	0.374	0.419	0.449	0.470	0.477
2.8	0.165	0.201	0.260	0.304	0.349	0.383	0.410	0.420
3.2	0.130	0.160	0.210	0.251	0.294	0.329	0.360	0.374
3.6	0.106	0.131	0.173	0.209	0.250	0.285	0.319	0.337
4.0	0.087	0.108	0.145	0.176	0.214	0.248	0.285	0.306
4.4	0.073	0.091	0.123	0.150	0.185	0.218	0.255	0.280
4.8	0.062	0.077	0.105	0.130	0.161	0.192	0.230	0.258
5.2	0.053	0.067	0.091	0.113	0.141	0.170	0.208	0.239
5.6	0.046	0.058	0.079	0.099	0.124	0.152	0.189	0.223
6.0	0.040	0.051	0.070	0.087	0.110	0.136	0.173	0.208
6.4	0.036	0.045	0.062	0.077	0.099	0.122	0.158	0.196
6.8	0.031	0.040	0.055	0.064	0.088	0.110	0.145	0.185
7.2	0.028	0.036	0.049	0.062	0.080	0.100	0.133	0.175
7.6	0.024	0.032	0.044	0.056	0.072	0.091	0.123	0.166
8.0	0.022	0.029	0.040	0.051	0.066	0.084	0.113	0.158
8.4	0.021	0.026	0.037	0.046	0.060	0.077	0.105	0.150
8.8	0.019	0.024	0.033	0.042	0.055	0.071	0.098	0.143
9.2	0.017	0.022	0.031	0.039	0.051	0.065	0.091	0.137
9.6	0.016	0.020	0.028	0.036	0.047	0.060	0.085	0.132
10.0	0.015	0.019	0.026	0.033	0.043	0.056	0.079	0.126
10.4	0.014	0.017	0.024	0.031	0.040	0.052	0.074	0.122
10.8	0.013	0.016	0.022	0.029	0.037	0.049	0.069	0.117
11.2	0.012	0.015	0.021	0.027	0.035	0.045	0.065	0.113
11.6	0.011	0.014	0.020	0.025	0.033	0.042	0.061	0.109
12.0	0.010	0.013	0.018	0.023	0.031	0.040	0.058	0.106

Примечания: 1. В табл. 1 обозначено: b - ширина или диаметр фундамента. l - длина фундамента.

2. Для фундаментов. имеющих подошву в форме правильного многоугольника с площадью A. значения α принимаются как для круглых фундаментов радиусом $r=\sqrt{A/\pi}$.

3. Для промежуточных значений ξ и η коэффициент α определяется по интерполяции.

Таблица 6

Предельные деформации основания

Сооружения	Предельные деформации основания		
	Относит. разность осадок $(\Delta s/L)_u$	Крен i_u	Средняя $\bar{s}_u$ (в скобках максимальная $s_{max.u}$) осадка. см
1. Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные здания с полным каркасом:			
железобетонным	0.002	-	(8)
стальным	0.004	-	(12)
2. Здания и сооружения. в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок	0.006	-	(15)
3. Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из:			
крупных панелей	0.0016	0.005	10
крупных блоков или кирпичной кладки без армирования	0.0020	0.005	10
то же. с армированием. в том числе с устройством железобетонных поясов	0.0024	0.005	15
4. Сооружение элеваторов из железобетонных конструкций:			
рабочее здание и силосный корпус монолитной конструкции на одной фундаментной плите	-	0.003	40
то же. сборной конструкции	-	0.003	30
отдельно стоящий силосный корпус монолитной конструкции	-	0.004	40
то же. сборной конструкции	-	0.004	30
отдельно стоящее рабочее здание	-	0.004	25
5. Дымовые трубы высотой H. м:			
$H \le 100$	-	0.005	40
$100 < H \le 200$	-	$1/(2H)$	30
$200 < H \le 300$	-	$1/(2H)$	20
$H > 300$	-	$1/(2H)$	10
6. Жесткие сооружения высотой до 100 м. кроме указанных в поз. 4 и	-	0.004	20

5			
7. Антенные сооружения связи:			
стволы мачт заземленные	-	0.002	20
то же. электрически изолированные	-	0.001	10
башни радио	0.002	-	-
башни коротковолновых радиостанций	0.0025	-	-
башни (отдельные блоки)	0.001	-	-
8. Опоры воздушных линий электропередачи:			
промежуточные прямые	0.003	0.003	-
анкерные и анкерно-угловые. промежуточные угловые. концевые. порталы открытых распределительных устройств	0.0025	0.0025	-
специальные переходные	0.002	0.002	-

Примечания: 1. Предельные значения относительного прогиба (выгиба) зданий. указанных в поз. 3 настоящего приложения. принимаются равными 0.5 $(\Delta s/L)_u$.

2. При определении относительной разности осадок ($\Delta s/L$) в поз. 8 настоящего приложения за L принимается расстояние между осями блоков фундаментов в направлении горизонтальных нагрузок. а в опорах с оттяжками - расстояние между осями сжатого фундамента и анкера.
3. Если основание сложено горизонтальными (с уклоном не более 0.1). выдержанными по толщине слоями грунтов. предельные значения максимальных и средних осадок допускается увеличивать на 20 %.
4. Предельные значения подъема основания. сложенного набухающими грунтами. допускается принимать: максимальный и средний подъем в размере 25 % и относительную неравномерность осадок (относительный выгиб) здания в размере 50 % соответствующих предельных значений деформаций. приведенных в настоящем приложении.
5. Для сооружений. причисленных в поз. 1-3 настоящего приложения. с фундаментами в виде сплошных плит предельные значения средних осадок допускается увеличивать в 1.5 раза.
6. На основе обобщения опыта проектирования. строительства и эксплуатации отдельных видов сооружений допускается принимать предельные значения деформаций основания. отличающиеся от указанных в настоящем приложении.

Таблица 7

Расчетные сопротивления R_0 просадочных грунтов

Грунты	R_0. кПа (кгс/см^2). грунтов			
	природного сложения с плотностью в сухом состоянии p_d . т/м^3		уплотненных с плотностью в сухом состоянии p_d . т/м^3	
	1.35	1.55	1.60	1.70
Супеси	300(3) 150(1.5)	350(3.5) 180(1.8)	200(2)	250(2.5)
Суглинки	350(3.5) 180(1.8)	400(4) 200(2)	250(2.5)	300(3)

Примечание: В числителе приведены значения R_0. относящейся к незамоченным просадочным грунтам со степенью влажности $S_r \leq 0.5$; в знаменателе - значения R_0. относящиеся к таким же грунтам с $S_r \geq 0.8$. а также к замоченным просадочным грунтам.